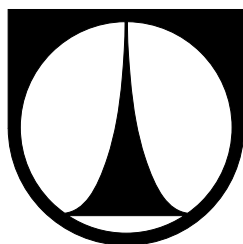


**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií



## **Model tříosého portálu s PLC řízením**

Bakalářská práce



**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií**

Studijní program: B 2612 – Elektrotechnika a informatika

Obor: 2612R011 – Elektronické informační a řídicí systémy

**Model tříosého portálu s PLC řízením**  
**3-Axis-Portal Model with PLC control**

**Bakalářská práce**

Autor práce: **Jan Kupeček**

Vedoucí práce: Ing. Jan Koprnický, Ph.D.

Konzultant práce: –

V Liberci 18. května 2012



## Zadání bakalářské práce

<b>Příjmení a jméno studenta (osobní číslo – nepovinné)</b>	Jan Kupeček (M09000361)
<b>Zkratka pracoviště</b>	MTI
<b>Datum zadání BP/DP</b>	14.10.2011
<b>Plánované datum odevzdání</b>	18.05.2012
<b>Rozsah grafických prací</b>	Dle potřeby dokumentace
<b>Rozsah průvodní zprávy</b>	cca 40 – 50 stran
<b>Název BP/DP (česky)</b>	Model tříosého portálu s PLC řízením
<b>Název BP/DP (anglicky)</b>	3-Axis-Portal Model with PLC control
Zásady pro vypracování BP/DP (text nijak neformátujte, pouze očísľujte jednotlivé body .. 1)... 2 ... atd. a každý bod uveďte jako nový odstavec):	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seznamte se s elektrickými částmi modelu tříosého portálu.</li> <li>2. Navrhňte vhodný typ PLC řízení k ovládání úlohy.</li> <li>3. Vytvořte program řízení modelu ve vybraném jazyku z normy IEC 61 131.</li> <li>4. Zpracujte návod k práci s modelem pro účely cvičení.</li> </ol>	
Seznam odborné literatury (text nijak neformátujte, pouze každou položku uveďte jako nový odstavec	
<p>Ďaďo, S.; Kreidel, M.: Senzory a měřicí obvody. Praha : ČVUT, druhé vydání, 1999, ISBN 80-01-02057-6.</p> <p>Šmejkal, L.; Martinásková, M. PLC a automatizace. 1. vydání, 4. dotisk. Praha : BEN – technická literatura, 2009. 224 s. ISBN 978-80-86056-58-6.</p> <p>Staudinger GmbH: 3-Axis-Portal Article (Article No. 220010) (Article No. 226002) [online]. 2011 [cit 30.09.2011] Dostupné z <a href="http://staudinger-est.de/en/simulation/standard-models/documents/220010.pdf">www:&lt;http://staudinger-est.de/en/simulation/standard-models/documents/220010.pdf&gt;</a>.</p>	
<b>Vedoucí BP/DP</b>	Ing. Jan Koprnický, Ph.D.
<b>Konzultant BP/DP (u externích pracovníků uveďte plný název pracoviště – firmy)</b>	



## Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis



## Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Janu Koprnickému, Ph.D. za jeho všestrannou pomoc, cenné rady a připomínky při řešení mé bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Miloši Hernychovi za pomoc při programování.



## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá použitím PLC automatu k samostatnému ovládání modelu tříosého portálu a zařazením takto vytvořeného systému do výuky. Rovněž jsou zde probrány principy některých průmyslových senzorů a řízení.

## Klíčová slova

PLC, tříosý portál, řízení, indukční snímač, inkrementální snímač, vývojový diagram, schéma, návod, program.

## Abstract

This thesis is engaged in using PLC controller for self-contained controlling of 3-axis portal model and integration of this system into teaching. Also here are talked over principles of some industrial sensors and controlling.

## Key words

PLC, 3-axis-portal, controlling, inductive sensor, encoder, flowchart, scheme, manual, program.



# Obsah

<b>Zadání bakalářské práce</b>	<b>3</b>
<b>Prohlášení</b>	<b>4</b>
<b>Poděkování</b>	<b>5</b>
<b>Abstrakt</b>	<b>6</b>
<b>Klíčová slova</b>	<b>6</b>
<b>Abstract</b>	<b>6</b>
<b>Key words</b>	<b>6</b>
<b>Obsah</b>	<b>8</b>
<b>Seznam obrázků</b>	<b>9</b>
<b>Seznam tabulek</b>	<b>9</b>
<b>1 Úvod</b>	<b>10</b>
<b>2 Popis úlohy</b>	<b>10</b>
2.1 Popis portálu . . . . .	11
2.2 Popis řízení . . . . .	12
<b>3 Teoretická část</b>	<b>13</b>
3.1 Princip PLC . . . . .	13
3.2 Použité PLC . . . . .	13
3.3 Programovací prostředí Mosaic . . . . .	15
3.4 Norma IEC 61 131 . . . . .	16
3.5 Rotační inkrementální snímač . . . . .	16
3.6 Indukční snímač . . . . .	18
3.7 Použité motory . . . . .	18



<b>4 Praktická část</b>	<b>18</b>
4.1 Elektrické části modelu . . . . .	18
4.2 PLC řízení . . . . .	20
4.3 Program . . . . .	20
4.4 Návod k práci s modelem . . . . .	25
<b>Závěr</b>	<b>26</b>
<b>Literatura</b>	<b>28</b>
<b>Přílohy</b>	<b>29</b>
A Návod ke cvičení s 3-osým portálem	29
B Vývojový diagram – první část	32
C Vývojový diagram – druhá část	33
D Tabulka adres pro ovládání	34
E Půdorys portálu	35
F Schéma zapojení PLC	36
G Zapojení vstupů do PLC	37
H Zapojení výstupů z PLC	38
I Tabulka pinů portálu	39
J Kusovník úlohy	40
K Obsah přiloženého CD	41

## Seznam obrázků

1 Model tříosého portálu [1] . . . . .	12
--	----





2	Cyklus běhu programu v PLC [2] . . . . .	14
3	Signály inkrementálního snímače [5] . . . . .	17
4	PCSchematic . . . . .	19
5	Připojené PLC řízení spolu se zdrojem . . . . .	21
6	Prostředí PanelMaker . . . . .	22
7	Program v ladder diagramu . . . . .	25
8	Nastavení IP adresy . . . . .	30
9	Nastavení vstupů a výstupů . . . . .	31
10	Vývojový diagram – první část . . . . .	32
11	Vývojový diagram – druhá část část . . . . .	33
12	Rozložení prvků na portálu . . . . .	35
13	Schéma zapojení PLC . . . . .	36
14	Zapojení vstupů do PLC . . . . .	37
15	Zapojení výstupů z PLC . . . . .	38

## Seznam tabulek

1	Tabulka osazení portálu . . . . .	11
2	Tabulka požadavků na řízení . . . . .	13
3	Tabulka I/O prvků PLC . . . . .	15
4	Tabulka adres pro ovládání . . . . .	34
5	Tabulka pinů portálu – první část . . . . .	39
6	Tabulka pinů portálu – druhá část . . . . .	40



# 1 Úvod

Tříosý portál je zařízení určené pro přepravu břemem. Lze se tedy setkat s portálem (nebo chcete-li manipulátorem), který například umísťuje mikroprocesory do patic, jako i s portálovým jeřábem schopným přepravovat velké lodní součásti. Portál je vždy dimenzován dle konkrétních požadavků na přepravu. Nejdůležitějším údajem je samozřejmě jeho nosnost, ale je třeba dbát i na přesnost, rychlost a také bezpečnost přepravy zvláště pak při venkovních aplikacích, kde například při silném větru hrozí kolize břemene s nosným pilířem portálu.

Portálová přeprava může být podle potřeby jedno, dvou i tříosá, ta se využívá nejčastěji. Pokud ale potřebujeme složitější či různorodější manipulaci s břemenem, lze portál nahradit robotickým ramenem. Takovýto robot má ve většině případů 4–6 os (stupňů volnosti). Vyjímecně se lze u speciálních aplikací setkat i se sedmiosým robotem a to v případech, kdy je nutné například pracovat za překážkou. Robotické rameno lze též umístit na portál, čímž získáme skutečně univerzální přepravní a manipulační zařízení. Jejich nevýhoda oproti portálu ovšem tkví především v jejich ceně, která je vyšší. Na druhou stranu hlavní nevýhodou portálu je nutnost zastavět větší prostor. Přesto jsou roboty hojně nasazovány v mnoha odvětvích lidské činnosti například pro lakování, sváření, paletizaci a mnoha dalších.

Klíčovým cílem mé bakalářské práce bylo připravit model portálu pro účely cvičení. Od tohoto faktu se odvíjelo zadání a dílčí úkoly. Na počátku mé práce bylo nutné pochopit ovládací systém modelu a vytvořit jeho dokumentaci v elektronické podobě, aby poté bylo možné vybrat správný řídicí systém. Jediné omezení v tomto směru byla nutnost vybírat z nabídky firmy Teco a.s., konkrétně modelové řady Foxtrot. Dalším požadavkem bylo zapojení PLC systému a vytvoření řídicího programu. Tento program posloužil nejen jako kontrola funkčnosti zapojení, ale i jako předpřipravený algoritmus pro studenty, kteří budou s modelem později pracovat. Ke snadnému zařazení modelu jako výukového nástroje pro cvičení bylo též nutné vytvořit návod k jeho obsluze.

## 2 Popis úlohy

Model portálu, se kterým jsem pracoval, je vidět na obrázku 1. Má tři osy pohybu, zastupuje tedy nejčtenější řešení portálové manipulace s břemeny. Obecně lze takovéto stroje obslu-



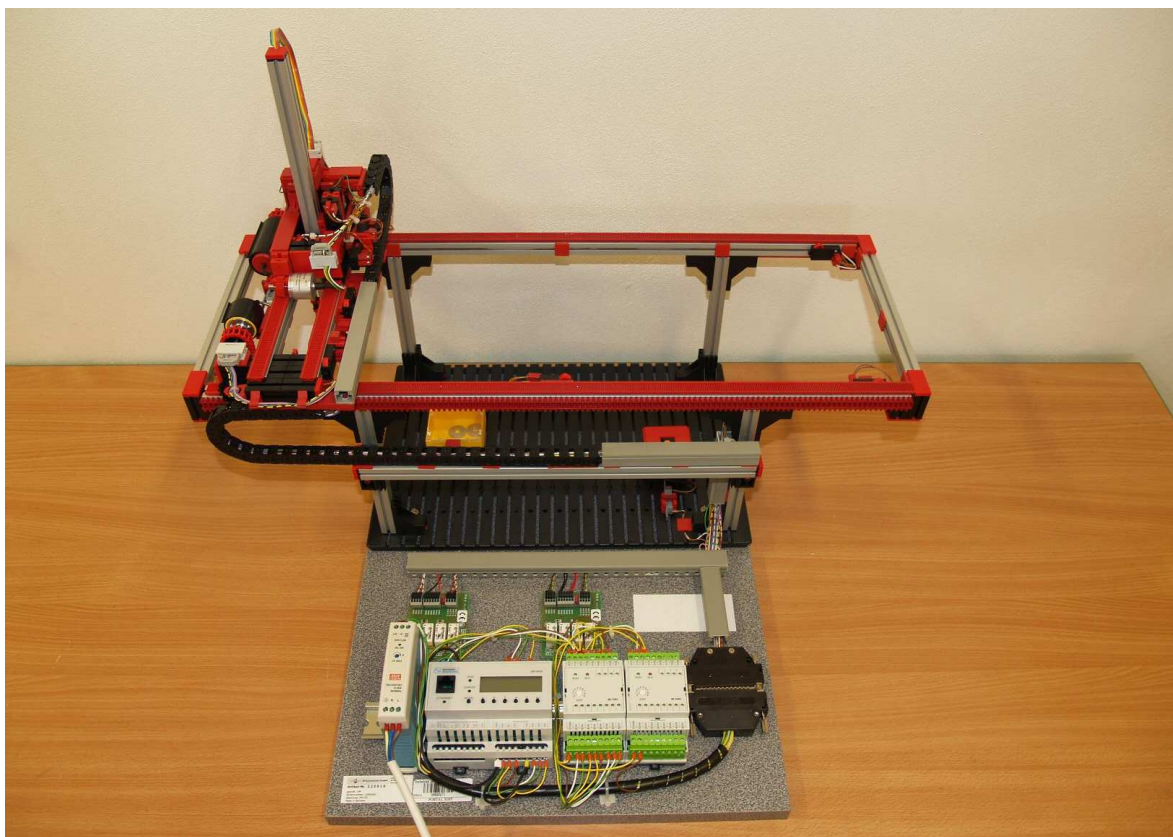
hovat ručně nebo automaticky. Ruční řízení se využívá pokud je třeba přemísťovat různé objekty na stále jiná místa (například nakládání a vykládání vozu). K takovýmto účelům slouží například mostové jeřáby. Je-li však nutné přemísťovat stále stejné objekty mezi několika jednoznačně definovanými místy, pak je výhodné využít automatické řízení. K tomu mohou sloužit například relé obvody, mikrokontroléry PIC, osobní počítače a nebo jako v mém případě PLC, jinak řečeno programovatelný logický automat. Jak již bylo řečeno, mým hlavním úkolem bylo oživení portálu pro účely cvičení a vytvoření základního řídicího programu. Tento program bude schopen zaznamenat umístění břemene na snímač, toto břemeno vyzvednout a přemístit ho do zásobníku. K tomuto účelu portál obsahuje množství vstupů a výstupů, které jsou podrobněji specifikovány v dalších kapitolách.

## 2.1 Popis portálu

Hlavní osa X je vedena v podélném směru portálu (zleva doprava), osa Y v příčném (zepředu dozadu) a konečně osa Z vertikálně. Na spodním konci ramena osy Z je umístěn elektromagnet určený k uchopení břemene. Model je dále vybaven indukčním snímačem určeným k signalizaci umístění břemene na místo a také zásobníkem pro odkládání břemen. K modelu je také zabudován bezpečnostní reléový modul, zabezpečující nemožnost poškození portálu v důsledku spuštění nedokonalého programu. Portál se napájí 24 V prostřednictvím 37pinového konektoru D-Sub, který slouží i k jeho ovládání.

Tabulka 1: Tabulka osazení portálu

Typ prvku	Zařazení	Počet
Indukční snímač	vstup	1
Koncové spínače	vstup	8
Inkrementální snímače	vstup	2
Motory	výstup	3
Elektromagnet	výstup	1



Obrázek 1: Model tříosého portálu [1]

## 2.2 Popis řízení

Pohyb na osách X a Y je snímán pomocí rotačních inkrementálních snímačů a lze díky nim tedy lineárně posouvat vozík s vertikálním ramenem. Tyto snímače pracují se třemi kanály (A, B a Z) a jejich princip je popsán v další kapitole. Na koncích ramen X a Y jsou umístěny spínače signalizující dosažení meze pohybu v dané ose. Dále jsou tyto osy vybaveny referenčními spínači, které jsou umístěny přibližně uprostřed posuvu ramen. Rameno osy Z je vybaveno pouze koncovými spínači a je tedy určeno pouze k pohybu mezi nimi. Na jeho spodní části je použit pružinový spínač, který reaguje na stlačení (dosažení břemene). Za všemi uživatelem sledovanými spínači se nacházejí ještě nouzové bezpečnostní spínače pro případ nezastavení pohybu v daném směru, ty jsou připojeny k již zmíněnému bezpečnostnímu reléovému modulu. Uživatel je schopen ovládat celkem 7 výstupů. Jedná se o ovládání posuvu ve třech osách (tedy šesti směrech) a ovládání elektromagnetu. Všechny vstupy i výstupy pracují s napětím 24 V.



Pro komplexní ovládání portálu je tedy nutné použít řídicí systém s celkem patnácti digitálními vstupy a sedmi digitálními výstupy.

Tabulka 2: Tabulka požadavků na řízení

Typ prvku	Počet
Digitální vstupy	9
Vstupy pro čítače	6
Digitální výstupy	7

## 3 Teoretická část

K významnému rozvoji řízení pomocí PLC automatů došlo v 70. letech 20. století. V mé práci je využit právě tento druh ovládání a proto je zde teoreticky rozebrán princip těchto automatů. Také zde zmíním alespoň základní princip fungování použitých snímačů.

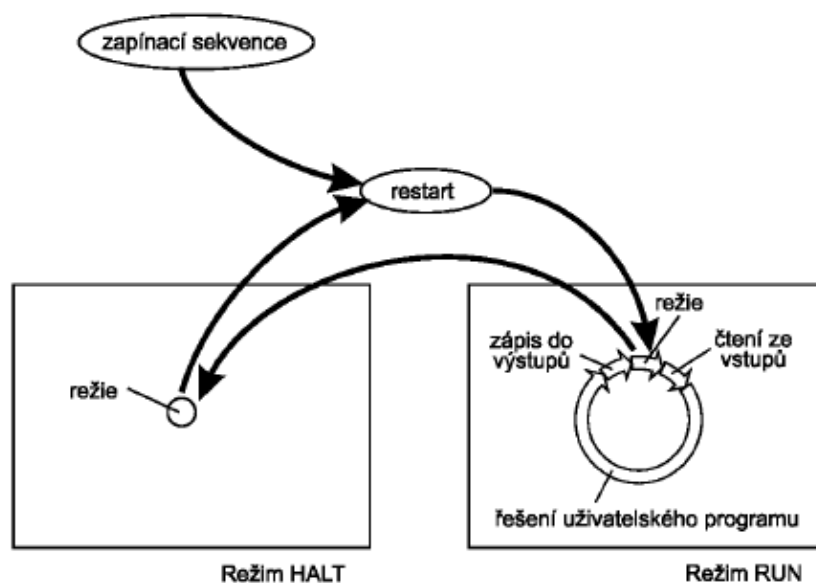
### 3.1 Princip PLC

Základním principem fungování PLC automatu je cyklické snímání stavů vstupních proměnných, jejich následné vyhodnocení v uloženém programu a konečně nastavení výstupních proměnných na požadované hodnoty jak je vidět na obrázku 2. Jeden takovýto cyklus trvá řádově milisekundy v závislosti na délce programu. Díky této rychlosti je možné tento typ řízení využívat i pro velmi rychlé procesy.

Při tvorbě programu je nutné si uvědomit, že v různé fázi běhu zařízení (tzv. stavu) nás zajímají pouze vybrané kombinace vstupních proměnných. Je tedy nutné přeskakovat části programu, které nejsou pro tento stav určeny, aby nedošlo k chybnému vyhodnocení a následně špatnému nastavení výstupu.

### 3.2 Použité PLC

K řízení portálu jsem musel využít PLC od firmy Teco, přesněji řečeno jsem si vybíral z modelové řady Foxtrot. Nakonec jsem použil PLC Tecomat Foxtrot CP-1014. Tento automat



Obrázek 2: Cyklus běhu programu v PLC [2]

obsahuje 8 digitálních vstupů určených pro napětí 24 V, 4 z těchto vstupů lze využít i jako rychlé čítače a 4 jako napěťové analogové vstupy. Dále je vybaven 6 reléovými výstupy a programovatelným displejem s tlačítky. Samotný základní modul však nedisponuje dostatečným množstvím vstupů a výstupů, proto musel být doplněn o dva rozšiřující I/O moduly. Konkrétně se jedná o modul Tecomat IB-1301 a Tecomat IR-1501. První z nich je vybaven 12 digitálními vstupy pro 24 V. Čtyři z nich je možné využít jako rychlé čítače, které je možné použít pro připojení inkrementálních snímačů polohy. Modul Tecomat IR-1501 je vybaven 4 digitálními vstupy opět pro 24 V a 6 reléovými výstupy i zde je možné 4 vstupy využít jako rychlé čítače. Všechny tyto čítače jsou schopny spolehlivě pracovat do frekvence 5 kHz a do minimální šířky pulzu 0,05 ms. Takto vybavený řídicí automat disponuje komunikačním rozhraním s celkem 24 digitálními vstupy a 14 reléovými výstupy a do budoucna je tedy bez problémů možné portál dále zvelebovat o další I/O prvky. Rozšiřující moduly jsou k automatu připojeny prostřednictvím TC linky, jak je zobrazeno v příloze na náhledu zapojení PLC ???. Komunikace mezi PLC a portálem probíhá skrze D-sub konektor DC-37.

Jádro systému Tecomat Foxtrot tvoří výkonná procesorová jednotka s 32bitovým RISC procesorem a rychlostí až 0,2 ms/1000 instrukcí. Základní modul má vlastnosti kompaktního systému – vedle komunikačních rozhraní obsahuje vstupy, výstupy a displej s tlačítky.



Periferní moduly mohou být připojeny k základnímu modulu systémovou sběrnici (TCL2) až na vzdálenost 1 700 m [3].

Tabulka 3: Tabulka I/O prvků PLC

Zařízení	Typ I/O	Počet
PLC Foxtrot CP-1014	DI	8
PLC Foxtrot CP-1014	RO	6
Tecomat IB-1301	DI	12
Tecomat IR-1501	DI	4
Tecomat IR-1501	RO	8
Celkem	DI	24
Celkem	RO	14

### 3.3 Programovací prostředí Mosaic

Samotné programování automatu probíhá skrze prostředí Mosaic, které také dodává firma Teco. V tomto vývojovém prostředí je možné programovat celkem pěti technikami a sice:

- LD – programování pomocí reléových schémat
- FBD – programování pomocí funkčních blokových diagramů
- ST – programování pomocí strukturovaného textu (tento typ programování připomíná jazyky Pascal nebo C)
- IL – programování pomocí instrukčního listu
- CFC – pokročilé grafické programování

Je zde možné simulovat připojení ke konkrétnímu typu PLC a tedy pracovat bez nutnosti být fyzicky připojen k automatu. Je zde možnost simulovat interakci s operátorským panelem. Také lze využít krokování programu, jeho trasování nebo umístění přerušovacích bodů



pro případné odstraňování chyb. Toto prostředí nabízí také vcelku obsáhlý soubor nástrojů pro co možná nejsnazší tvorbu a správu programu, jedná se o:

- GraphMaker – nástroj pro debugování a ladění programu, zobrazuje aktuální stav vybraných proměnných
- PanelMaker – nástroj pro vytváření textu na operátorský panel
- PanelSim – umožňuje simulovat operátorský panel
- PIDMaker – nástroj pro tvorbu PID regulátorů
- WebMaker – umožňuje vytvořit webovou stránku pro případnou online komunikaci s automatem

### 3.4 Norma IEC 61 131

Tato norma sdružuje programovací nástroje a možnosti, které má programátor k dispozici. Jedná se jednak o již uvedenou možnost vybrat si mezi programovacími technikami, ale pokud PLC splňuje tuto normu, musí zároveň ovládat práci s následujícími prvky:

- Datové typy – musí být schopné pracovat s různými typy dat (bool, integer, float, array, ...)
- Typy proměnných – musí umět rozlišovat různé typy proměnných (globální, lokální, přímo adresované, ...)
- Práce s funkcemi a funkčními bloky – umožňuje využívat množství matematických a logických funkcí, časovačů, čítačů, ...
- Práce s programem – zvládne obsluhovat podprogramy, skoky v programu apod.

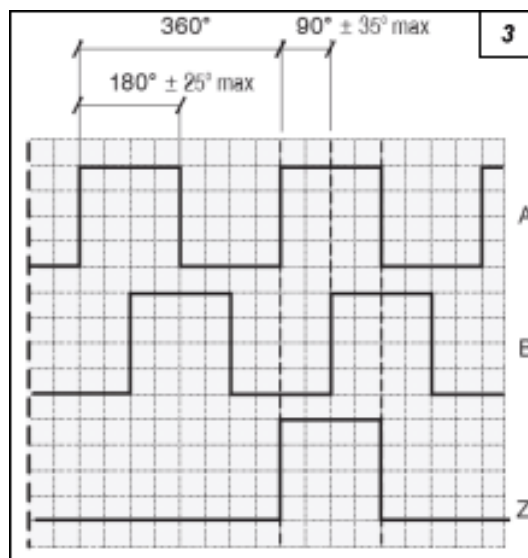
### 3.5 Rotační inkrementální snímač

Portál je vybaven dvěma inkrementálními snímači Baumer ITD01 B14 Y2 30 HNX KA1 pro okamžité určování polohy [4]. Oba dva pracují s rastrem 30 pulzů na otáčku, což s použitým zpřevodováním dává přesnost odměřování přibližně 3 mm na jeden pulz.



Princip těchto snímačů spočívá ve clonění světelného toku mezi zdrojem světla a fotocitlivými prvky. Pro zjištění informace o rychlosti otáčení stačí zjistit počet impulzů za určitý časový úsek. Pro zjištění směru otáčení je nutno použít rotující kotouč, který má dvě řady otvorů, které jsou vůči sobě posunuty o polovinu šířky otvoru. Pro zjištění úhlu natočení má rotující kotouč ještě jeden otvor, který je určen pro generování nulového impulzu [6].

Odměřování pomocí takového snímače lze provádět například pomocí podprogramu. Tento podprogram sleduje signály A a B a pokud signál A nabyde hodnoty log 1 u signálu B sledujeme jeho náběžnou hranu. V momentě, kdy ta se dostaví, víme, že došlo k otočení v jednom směru o jeden pulz, a v programu můžeme změnit hodnotu vnitřní proměnné reprezentující polohu. Pokud se hřídel otáčí opačným směrem, pak pro změnu této proměnné naopak signál B musí nabývat hodnoty log 1 a u signálu A sledujeme jeho náběžnou hranu. Pro názornější pochopení této metody poslouží obrázek 3.



Obrázek 3: Signály inkrementálního snímače [5]



### 3.6 Indukční snímač

Na pracovní desce portálu je umístěn indukční snímač, sledující zda je připraveno břemeno v základní poloze. Mírnou nevýhodou ale může být fakt, že snímač je schopen vyhodnotit přítomnost břemene pouze na několik milimetrů. Výrobce je Fischertechnik GmbH, bližší informace bohužel nebylo možné dohledat, protože snímač na sobě nemá žádné označení.

Princip indukčního snímače je založen na vzájemném působení mezi kovovými vodiči a střídavým elektromagnetickým polem. V kovovém snímaném tlumicím materiálu jsou indukovány vířivé proudy, které odebírají energii z pole a snižují velikost oscilační amplitudy. Tato změna je indukčním snímačem vyhodnocena. [7]

### 3.7 Použité motory

Portál je vybaven celkem třemi stejnosměrnými motory. Každý pracuje na napětí 24 V a každý se stará o pohyb po jiné ose. Výrobce je opět Fischertechnik GmbH a motory lze zakoupit společně s dalšími doplňky v podobě například šnekové převodovky, diferenciálu nebo různě velkých ozubených kol [8].

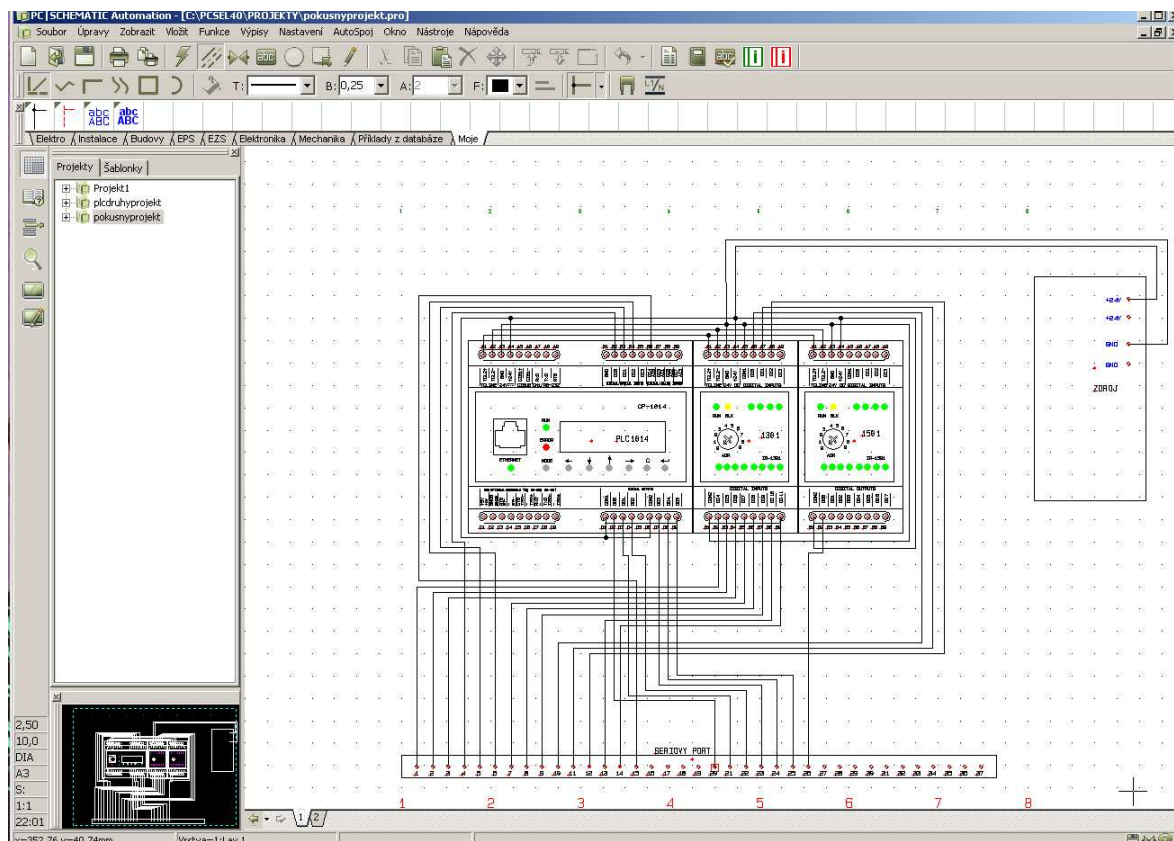
## 4 Praktická část

Postup prací na portálu probíhal chronologicky po jednotlivých bodech zadání, protože na sebe vzájemně navazovaly. Tyto body jsou podrobně rozebrány v následujících kapitolách. Při řešení úlohy se naštěstí nevyskytly závažnější problémy.

### 4.1 Elektrické části modelu

Spolu s modelem bylo dodáno i jeho elektrické schema zapojení. Pro správnou volbu vhodného PLC bylo nutné nejprve pochopit způsob ovládání modelu. Vzhledem k faktu, že do budoucna je plánováno další rozšíření portálu o elektrické i mechanické prvky, bylo rozhodnuto, že řízení musí být částečně předimenzováno, aby posléze nevystal problém s nedostatkem vstupů nebo výstupů. Proto padla volba na již zmíněný Tecomat Foxtrot CP-1014 rozšířený o moduly Tecomat IB-1301 a Tecomat IR-1501.

Původní elektrické schema však bylo dodáno pouze ve formátu PDF. Vzhledem k nutnosti vytvořit komplexní dokumentaci k portálu jsem schema překreslil do elektronické podoby a je tedy již předpřipraveno k pozdějšímu snadnému rozšíření. K tomu jsem využil program PCSchematic, který slouží pro tvorbu elektrických, stavebních i jiných výkresů. Ovládání tohoto programu je vcelku intuitivní a pro účel zpracování mého schématu jsou jeho nástroje plně dostačující. Prostředí tohoto programu je vidět na obrázku 4.



Obrázek 4: PCSchematic

Také se ukázalo, že ačkoliv je model vybaven bezpečnostním reléovým modulem, který by měl zabezpečit nemožnost poškození modelu chybou programátora, tento bezpečnostní prvek není všemocný. Jeho hluché místo nastane při manipulaci s ramenem osy Z. Pokud je totiž rameno vysunuté, ale ne až na doraz dolního bezpečnostního spínače, je možné s ním stále manipulovat. Takováto manipulace je však nebezpečná, protože na pracovní desce portálu se nachází zásobník a indukční snímač, do kterého může rameno narazit a poškodit se.

Elektromagnet, kterým je vybaven portál není příliš silný. Měřením se zjistilo, že je



schopen zvedat břemena silou jen 0,8 N. Pokud břemena působí větší silou, magnet je neudrží a tedy odpadnou. Měření probíhalo pomocí siloměru Sundoo SH-100. Dá se říci, že se jedná o další bezpečnostní prvek, jelikož takto silný elektromagnet zároveň zajišťuje nemožnost přetížení motoru ramena osy Z.

## 4.2 PLC řízení

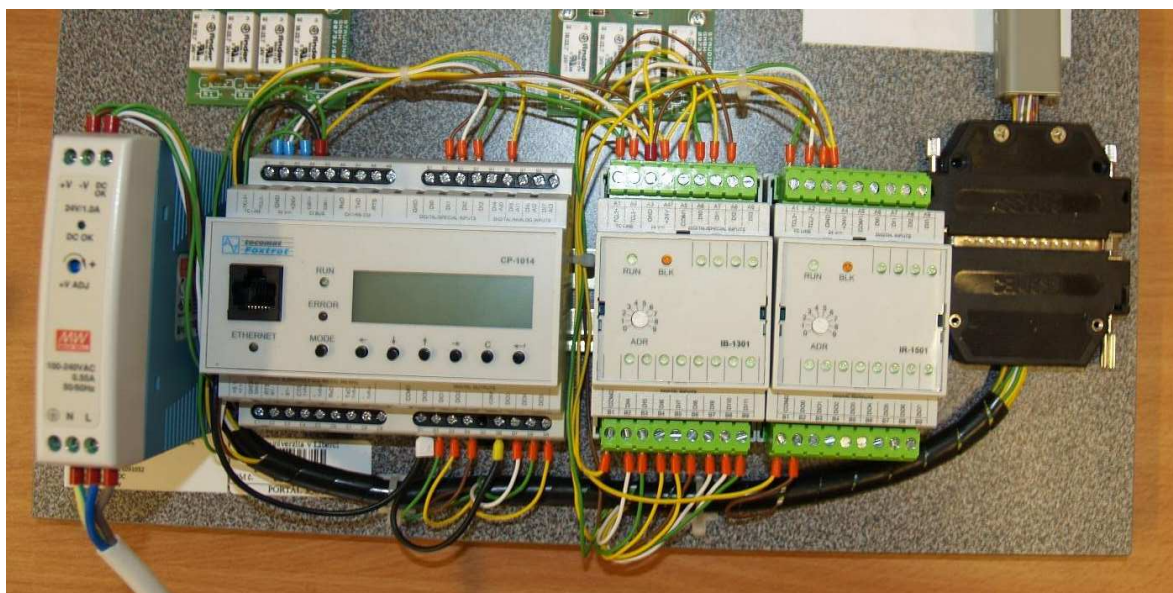
Spolu s portálem byl dodán i rozebraný 37pinový D-Sub konektor pro propojení portálu s jeho řízením. Tento konektor však neměl přivedené vodiče k jednotlivým pinům, proto bylo nutné je nejprve připájet. Tyto vodiče jsem společně umístil do ochranné trubice. K takto vytvořenému kabelu již bylo možné připojit PLC spolu s přídatnými moduly. Ke správnému zapojení mi posloužila tabulka s funkcemi jednotlivých pinů z přiložené dokumentace I. Po zapojení bylo nutné vytvořit další tabulku D, tentokrát s vnitřními adresami PLC k jednotlivým vodičům.

Spolu s řízením je portál vybaven samostatným zdrojem napětí 24 V. Tento zdroj napájí současně portál i PLC a jeho moduly. Jednotlivé prvky řízení jsou spolu propojeny prostřednictvím TC Line, přes kterou komunikují. K tomu, aby řídicí PLC i jeho moduly mohly komunikovat, bylo rovněž nutné změnit jejich vnitřní adresu. K tomu slouží otočný přepínač umístěný na každém prvku řízení. Výstupní relé spínače zajišťující akční zásahy spínají rovněž napětí 24 V. Celý tento systém je přichycen k portálu pomocí DIN lišty, která je přišroubována k podkladové desce. Na obrázku 5 je vidět jak tento celek vypadá. Na obrázku ?? je vidět schéma zapojení jednotlivých konektorů.

## 4.3 Program

Dalším bodem mé práce bylo vytvoření řídicího programu portálu. Základní program sleduje všechny vstupní proměnné a též pracuje se všemi výstupy.

Tento program nejprve nastaví portál do jeho výchozí polohy, v této poloze se resetují hodnoty čítačů, aby bylo možné od této polohy následně cíleně odměřovat. Také toto umístění do výchozího stavu brání poškození portálu, pokud je v PLC nahrán chybný program a je nutné jej přemazat. Po splnění této podmínky portál sleduje zda došlo k umístění břemene (například mince) na snímač a také zda obsluha pomocí tlačítka vydala pokyn k



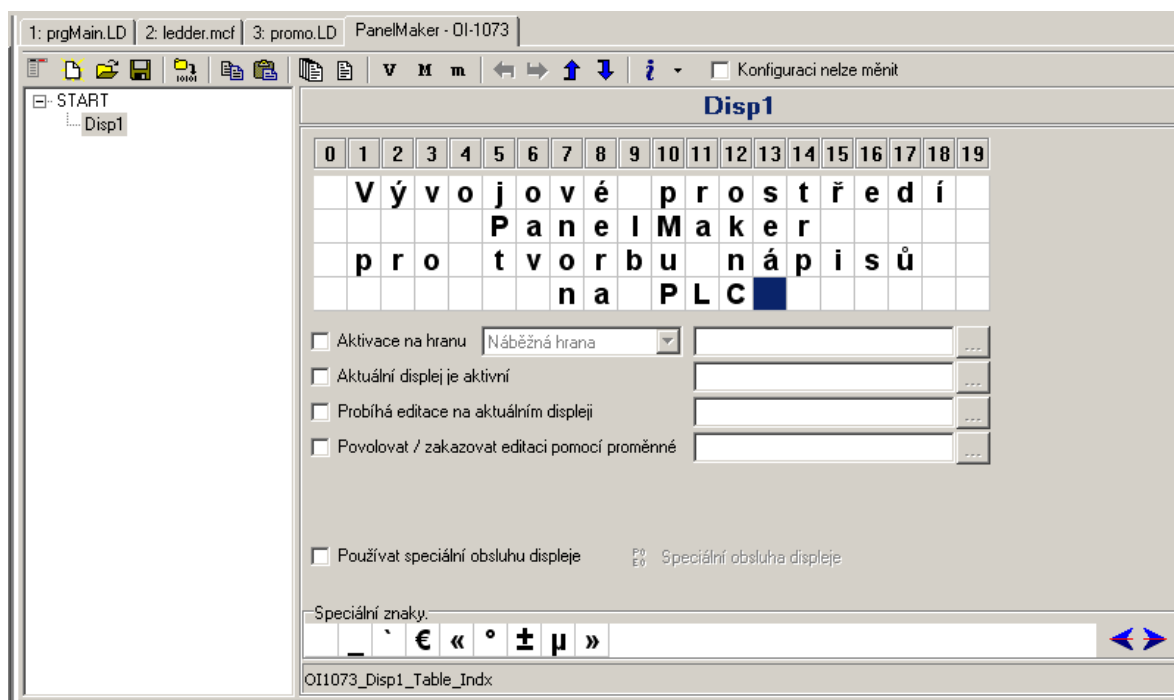
Obrázek 5: Připojené PLC řízení spolu se zdrojem

jeho sběru. Pokud tak učinila, začne se portál přemísťovat nad indukční snímač, nejprve po ose X a poté po ose Y. Po celou dobu pohybu se ujetá vzdálenost odměřuje pomocí rotačního inkrementálního snímače. Po dojetí nad břemeno se toto sebere pomocí ramene osy Z a portál se začne přesouvat nad zásobník, opět nejprve po ose X a poté po ose Y. Zde se břemeno odloží a portál se vrátí do své výchozí polohy, kde čeká na další spuštění cyklu. Pro zjištění aktuálního stavu portálu program využívá samostatnou vnitřní proměnnou, jejíž hodnotu mění při splnění přechodových podmínek (dojetí na koncový spínač, dovršení zadané hodnoty čítače, ...)

Tlačítko pro spuštění cyklu se nachází na řídicím PLC. Každému tlačítku na ovládacím panelu náleží jedna hodnota vnitřní proměnné, která tento panel zastupuje. Pomocí této proměnné se tedy sleduje zda došlo ke stisku námi požadované klávesy.

Program rovněž pracuje obrazovkou vestavěnou do PLC. Tato obrazovka má 4 řádky, přičemž každý dovede zobrazit 20 znaků. K práci s touto obrazovkou je nejprve nutné vytvořit

v nástroji PanelMaker nápisy, které se mají zobrazit. Každému takovému nápisu se přiřadí pomocná proměnná. Obrazovka poté zobrazuje ten nápis, u jehož pomocné proměnné dojde ke změně, reaguje tedy na její náběžnou nebo sestupnou hranu. Tyto proměnné se ovládají v řídicím programu. Prostředí PanelMaker je vidět na obrázku 6.



Obrázek 6: Prostředí PanelMaker

Po zjištění nedostatků hardwarového bezpečnostního relé modulu bylo požadavkem tento druh kontroly doplnit softwarově. Měl vzniknout jakýsi „Master program“, který by kontroloval zda se programátor nedopouští chyby, jež by mohla způsobit poškození portálu. Proto jsem se s tímto dotazem obrátil přímo na technické oddělení firmy Teco. V odpovědi mi bylo sděleno, že je sice možné, aby v PLC Foxtrot běželo více programů zároveň, ale u každého musí být jednoznačně definováno, které výstupy ovládá. Proto by možnost ovládání týchž výstupů připadla pouze jednomu z nahraných programů a tedy není možné „Master program“ využít, protože by neměl žádnou autoritu (kontrolu) nad uživatelským nastavením výstupů. Jedinou možností, jak omezit riziko poškození portálu, je uživatelský program



nejprve odsimulovat softwareově v prostředí Mosaic, případně využít pro kontrolu cvičícího.

Pro svůj program jsem zvolil programovací techniku ladder diagram a strukturovaný text. Strukturovaný text jsem si zvolil, protože připomíná programování ve vyšších jazycích a s těmito mám větší zkušenosti. Ladder diagram jsem byl nucen využít jako alternativku k FBD programování, se kterým jsem měl v průběhu řešení problému. Některá vývojová prostředí konkurenčních výrobců (například program TwinCAT od firmy Beckhoff) umožňují vzájemně převádět program mezi jednotlivými technikami, Mosaic toto však neumožňuje, proto bylo nutné i druhý program vytvořit od začátku. Avšak vzhledem k tomu, že oba dva programy mají plnit stejnou funkci, mohou tedy pracovat se stejným algoritmem řešení.

Všchny techniky mají společné definování vstupů, výstupů a dalších proměnných. Jak je dále vidět, nadefinování má vcelku intuitivní formu.

```
//definování adres vstupů
xKoncakVpravo AT %X100.4,
xKoncakVlevo AT %X100.5,
xKoncakRef AT %X100.6,
zPlus AT %X101.2,
zMinus AT %X101.3,
xInkCidloA AT %X10.0,
xInkCidloB AT %X10.1,
xInkCidloN AT %X10.2,
snimac AT %X10.4 : BOOL;
//definování adres výstupů
motorXdoprava AT %Y2.0,
motorXdoleva AT %Y2.1,
magnet AT %Y32.0 : BOOL;
//vytvoření pomocných proměnných
stav : sint;
pocitadlo : int;
posunX : int;
dUmisti : bool;
//vytvoření čítače nutného k odměřování
```





```
citacX : CTU;  
outputX : BOOL;  
resetCTUX : BOOL;
```

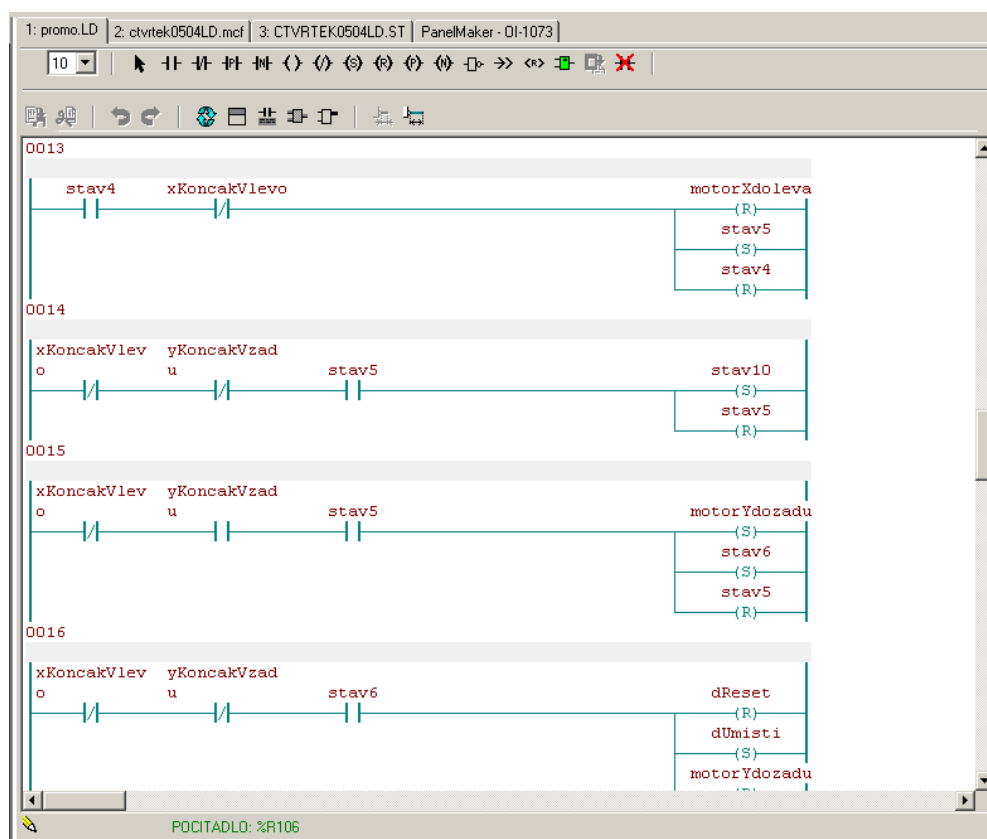
Zde následuje ukázka programování ve strukturovaném textu. Tato část kódu dokončuje najetí portálu do své výchozí polohy. Je zde vidět nutnost práce s aktuálním stavem portálu a také ovládání obrazovky pomocí pomocných proměnných.

```
if (NOT xKoncakVlevo AND stav = 4)  
    then  
        motorXdoleva := 0;  
        stav := 5;  
    end_if;  
if (NOT xKoncakVlevo AND NOT yKoncakVzadu AND stav = 5)  
    then  
        stav := 10;  
    end_if;  
if (NOT xKoncakVlevo AND yKoncakVzadu AND stav = 5)  
    then  
        motorYdozadu := 1;  
        stav := 6;  
    end_if;  
if (NOT xKoncakVlevo AND NOT yKoncakVzadu AND stav = 6)  
    then  
        dReset := 0;  
        dUmisti := 1;  
        motorYdozadu := 0;  
        stav := 10;  
        resetCTUX := 0;  
        resetCTUY := 0;  
    end_if;
```

Ekvivalent tohoto kódu vytvořený v ladder diagramu je zobrazen na obrázku 7. Jak je vidět, každá proměnná je zde zastoupena pouze relé blokem. Tento fakt vedl k úpravě



původního programu, protože ten využívá pouze jednu proměnnou „stav“, která nabývá různých hodnot. Zde však tuto metodu nebylo možné využít a tedy bylo nutné vytvořit více booleanovských proměnných, které střídavě nabývají hodnot log 0 a log 1.



Obrázek 7: Program v ladder diagramu

#### 4.4 Návod k práci s modelem

Již od počátku bylo záměrem zařadit model portálu do cvičení, proto závěrečným bodem mé práce bylo vypracování návodu k obsluze. Nejdůležitějším prvkem tohoto návodu je vývojový diagram, který odpovídá mnou vytvořenému programu a který slouží k co nejsnazšímu na-programování portálu v rámci času vymezeném pro cvičení. Při tvorbě tohoto diagramu jsem vycházel z designu již vytvořených diagramů, které mají studenti k dispozici při programování virtuálních úloh v předmětu Základy logického řízení. Obsahuje tedy jen bloky s vektory nastavení výstupů a bloky u přechodových hran s vektory podmínek pro postup do dalšího stavu. Dalším klíčovým prvkem je tabulka adres vstupů a výstupů, která studentům umož-



ňuje bezproblémový přístup k ovládání portálu. V tomto návodu se tedy nachází základní vysvětlení funkce portálu, postup pro propojení PLC s počítačem, jednoduchý popis řídicího programu, postup tvorby programu ve vývojovém diagramu a tabulka pro komunikaci s portálem.

V návodu se rovněž nacházejí upozornění a varování pro práci s portálem, zejména je zde zvýrazněno riziko kolize ramena osy Z se zásobníkem nebo indukčním snímačem. Také je zde ale poukázáno na invertovanou logiku spínačů, která může působit v počátcích programování zmateně a na fakt, že pokud je elektromagnet delší dobu zapnutý, tak se postupně zahřívá.

Celý takto vypracovaný návod se nachází v příloze mé práce a také na přiloženém CD, kde je připravený pro samostatný tisk.

## Závěr

Podařilo se mi vytvořit ucelenou dokumentaci k portálu, která je připravena v elektronické podobě pro další rozšiřující práce na modelu. K portálu je v současné době připojeno řízení, které jej v žádném směru neomezuje, naopak disponuje dostatečným množstvím volných vstupů a výstupů připravených k použití. Vytvořil jsem dva programy určené k řízení portálu. Oba dva jsou ekvivalentní a fungují obdobně, liší se jen způsobem svého zápisu. Sestavil jsem též návod ke cvičení, který slouží k urychlení a zjednodušení prací s modelem během cvičení. Algoritmus řízení modelu, který je obsažen v návodu, vychází z mého programu. K jeho nejsrozumitelnější reprezentaci slouží připojený vývojový diagram. Nyní je tedy celý model portálu připravený a nic nebrání jeho zařazení do cvičení, kde může sloužit coby výukový nástroj.

Portál je také již využíván například při dnech otevřených dveří nebo jiných propagačních akcích. K tomuto účelu slouží drobně upravený program, který je také součástí přiloženého CD. V tomto programu je odstraněna nutnost spouštět cyklus stiskem tlačítka, a je tedy možné na indukční snímač položit více břemen (podložek, mincí, ...) a portál je v témže momentu začne postupně ukládat do zásobníku. K tomu, aby pokaždé vyzdvihnul pouze jeden předmět stačí, aby byl předmět dostatečně těžký.

Do budoucna je možné portál postupně zvelebovat o další vstupní/výstupní prvky, je například možné jej doplnit o pásový dopravník, podavač nebo různé senzory. Tyto prvky lze



zakoupit u již zmíněné firmy Fischertechnik GmbH nebo je lze sestavit svépomocí například pomocí stavebnice Lego Technic. Také je možné PLC připojit k síti internet a prostřednictvím této sítě jej programovat, při tom lze portál dovybavit webovou kamerou, díky níž jej lze i sledovat.



## Literatura

- [1] STAUDINGER GMBH. 3-Achs-Portal [online]. [cit. 2012-01-06]. Dostupné z: <http://staudinger-est.de/en/simulation/standard-models/documents/220010.pdf>
- [2] TECO A.S. Začínáme v prostředí Mosaic [Mosaic 2011.3]. [cit. 2012-04-27].
- [3] TECO A.S. [online]. [cit. 2012-01-06]. Dostupné z: <http://www.tecomat.com/index.php?ID=388>
- [4] Baumer ITD 01 B14 Incremental Rotary Encoder. [online]. [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.baumerencoders.co.uk/baumer-thalheim-encoders-itd01b14-7#bottom-blocks>
- [5] FALC, Petr. SCHMACHTL CZ. Výstupní signály A, B a Z. [online]. [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=30393](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30393)
- [6] Technická univerzita v Liberci. ČERNOHORSKÝ, Josef a Jan SKALLA. [online]. [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: [http://www.mti.tul.cz/files/svm/Snimace\\_polohy.pdf](http://www.mti.tul.cz/files/svm/Snimace_polohy.pdf)
- [7] BALLUFF CZ S.R.O. [online]. [cit. 2012-01-06]. Dostupné z: [http://www.snimace.cz/bes\\_principy-funkce-definice.asp](http://www.snimace.cz/bes_principy-funkce-definice.asp)
- [8] Fischertechnik GmbH. FISCHERTECHNIK GMBH. [online]. [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.fischertechnik.de/en/Home/products/plus.aspx>



## Přílohy

### A Návod ke cvičení s 3-osým portálem

Model portálového manipulátoru, se kterým pracujete je schopný se pohybovat ve 3 osách a slouží k přepravě břemen (ocelových podložek nebo jiných feromagnetických předmětů) z indukčního snímače do zásobníku. Indukční snímač se nachází uprostřed červeného podstavce, zásobník nám reprezentuje žlutá krabice. Vaším úkolem je vytvořit program, který bude schopen detekovat umístění břemene na snímač, pro toto břemeno si posléze dojet, s břemenem se přemístit nad zásobník, tam jej položit a vrátit se do výchozí polohy. Ke správnému běhu programu máte k dispozici množství vstupů, které můžete sledovat a samozřejmě výstupů, které musíte ovládat (viz tabulka a výkres). Posun po hlavních osách X a Y lze odměřovat pomocí rotačních snímačů, osa Z je vybavena jen koncovými spínači. K úspěšnému řešení zadání existuje mnoho postupů, zde bude popsán ten nejjednodušší.

**UPOZORNĚNÍ:** Koncové spínače mají invertovanou logiku. Pokud je spínač sepnutý má hodnotu log 0, pokud je rozepnutý má hodnotu log 1.

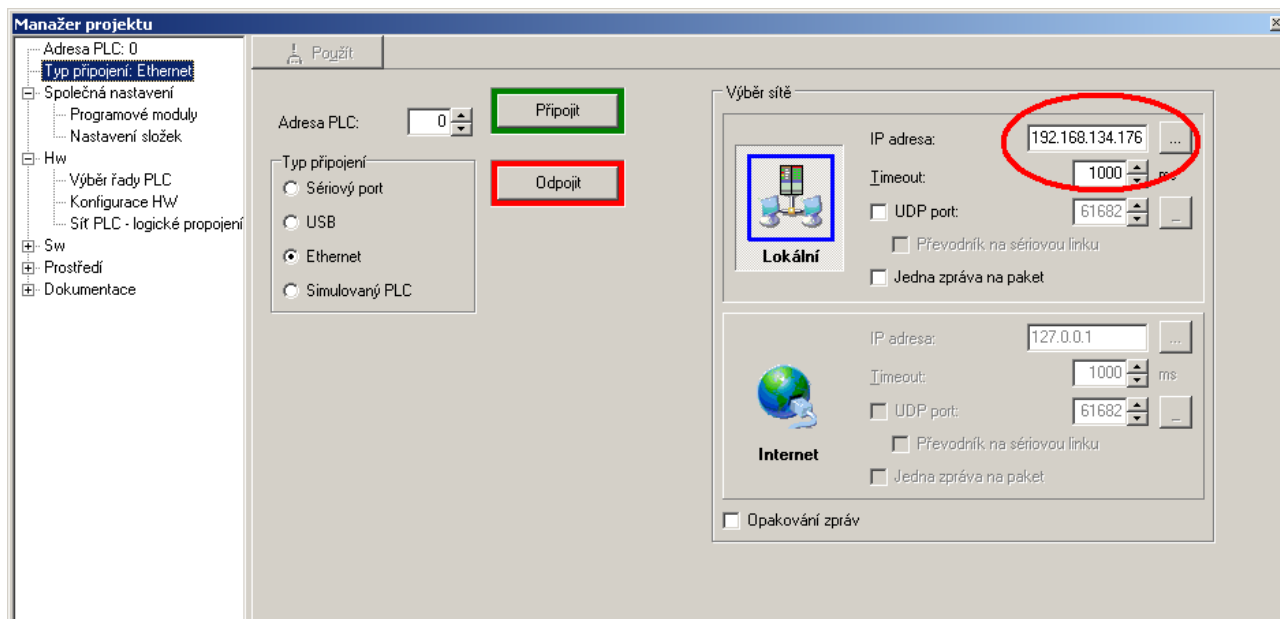
**UPOZORNĚNÍ:** Při testování a ladění programu nemějte příliš dlouhou dobu zapnutý elektromagnet, může dojít k jeho přehřívání.

**VAROVÁNÍ:** Za žádných okolností nejezděte s portálem pokud není osa Z umístěna ve své horní poloze, může dojít k jejímu vzpříčení a poškození portálu!

#### Postup připojení k PLC:

Nejprve musíte nastavit síťovou kartu svého počítače, změňte proto svou IP adresu na **192.168.33.100** a masku podsítě na **255.255.0.0**. Propojte svůj počítač s PLC pomocí ethernetového kabelu. Před spuštěním prostředí Mosaic musíte mít k PC připojený hardwarový klíč (k dostání u cvičícího). Model portálu je vybaven PLC Tecomat Foxtrot CP-1014 a přídatnými moduly IB-1301 a IR-1501. Po založení nového projektu klikněte na ikonu Manažer projektu (v levém horním rohu), zde v kartě „Typ připojení“ zvolte možnost Ether-

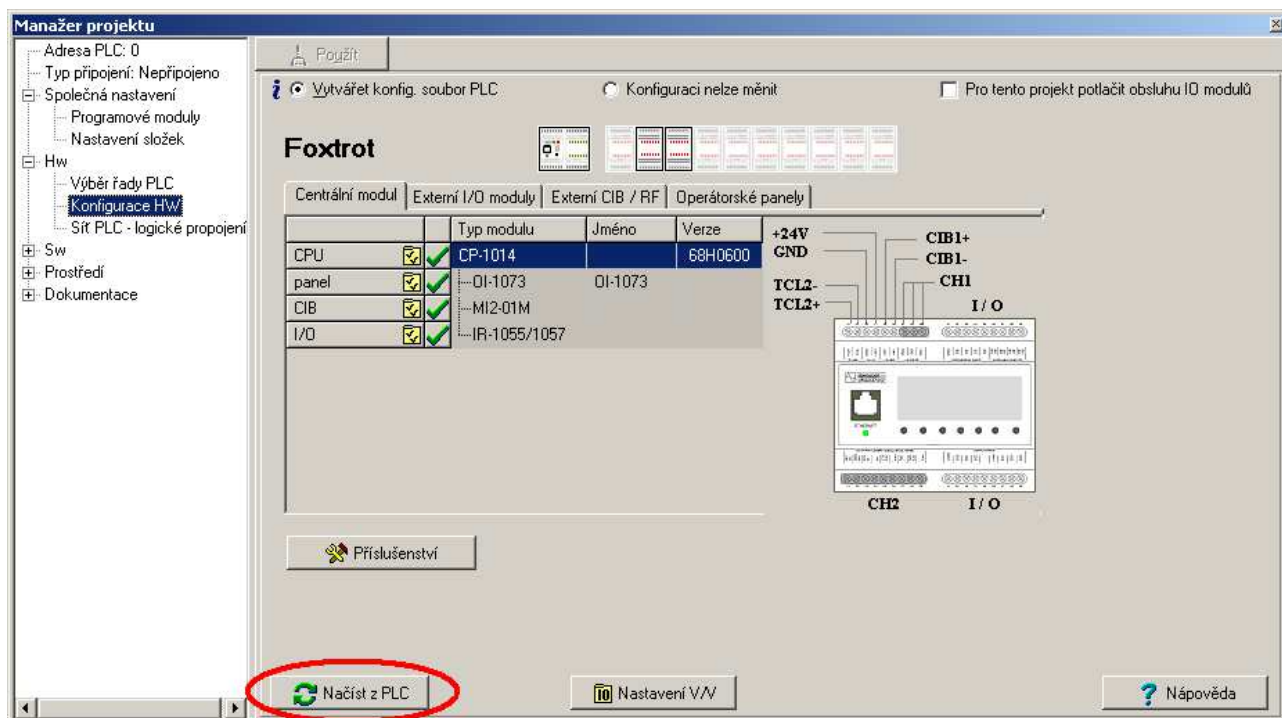
net a v lokální síti nastavte IP adresu na **192.168.134.176** viz obrázek 8. Poté v kartě „Konfigurace HW“ klikněte na tlačítko „Načíst z PLC“ viz obrázek 9. Nyní můžete ovládat portál pomocí tabulky vstupů a výstupů níže.



Obrázek 8: Nastavení IP adresy

### Postup dle vývojového diagramu:

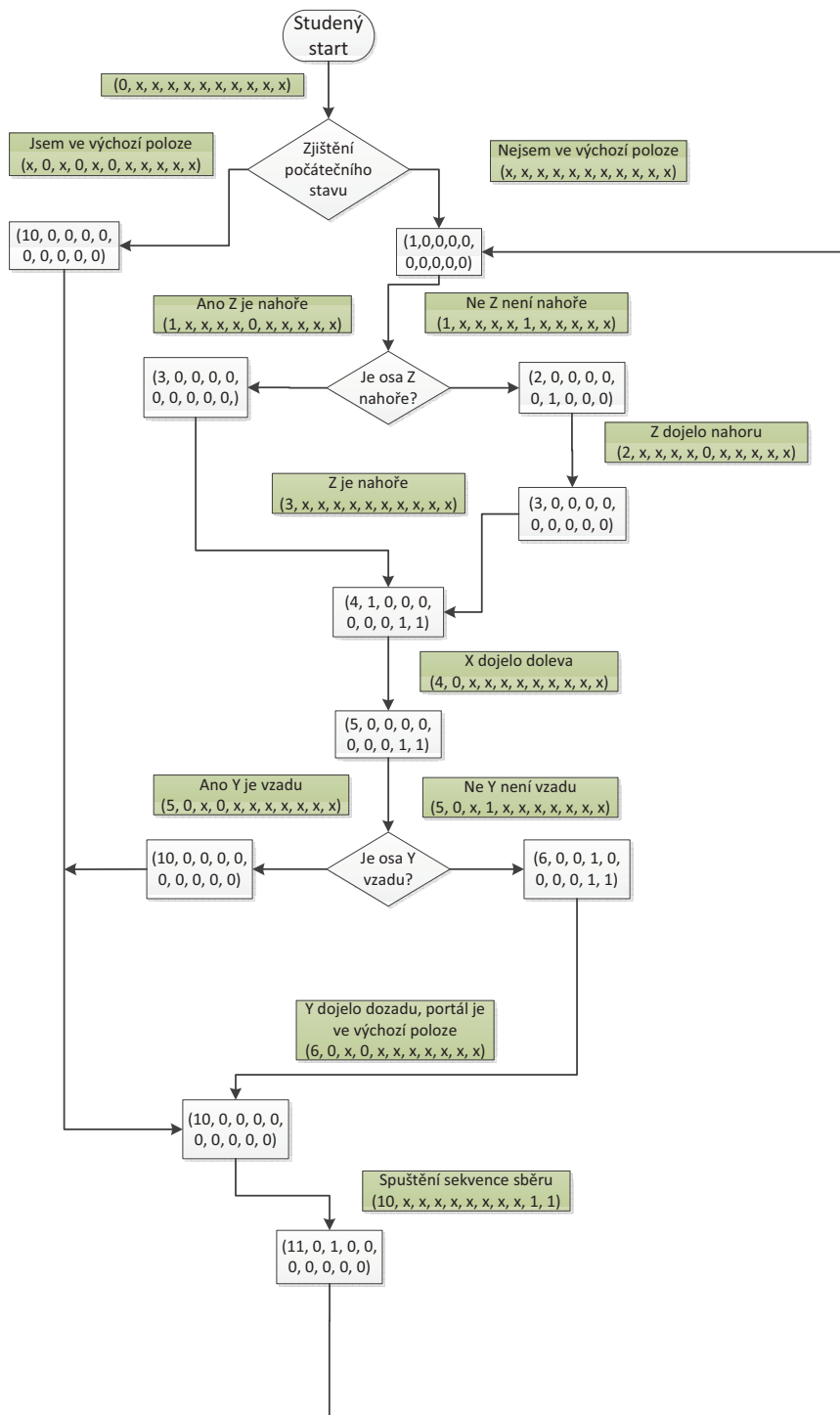
Z čelního pohledu (PLC je u Vás) se výchozí poloha nachází vlevo vzadu s osou Z nahoře. Sepnuté jsou spínače 3S1 (osa X), 3S5 (osa Y) a 4S2 (osa Z). Nezapomeňte, že sepnutí znamená log 0. Pomocí jednoduchého čítače sledujte hodnotu posunu na osách X a Y (čítač nechte reagovat na náběžnou hranu signálu B rotačního snímače. Odměrováním se posuňte nejdříve po ose X a poté po ose Y, až se dostanete nad indukční snímač. Počet pulzů, které hlídáte je k nalezení ve vývojovém diagramu níže. Po dobu sběru břemene pomocí osy Z nepohybujte ostatními částmi portálu. Poté se přemístěte nad zásobník, opět nejprve v ose X a poté v ose Y (hodnoty pro odměrování jsou opět ve vývojovém diagramu). Zde položte



Obrázek 9: Nastavení vstupů a výstupů

břemeno a vraťte se zpět do výchozí polohy.

## B Vývojový diagram – první část

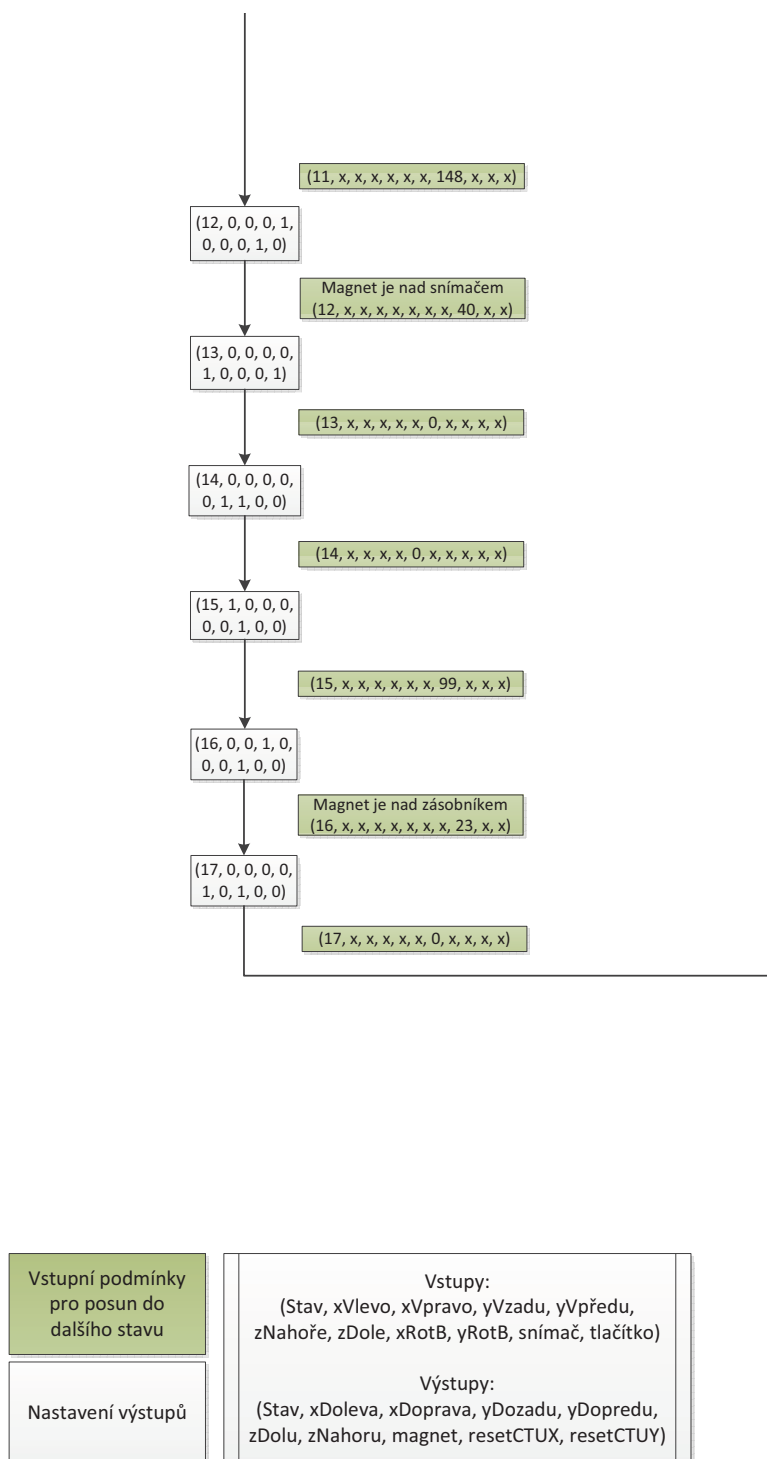


Obrázek 10: Vývojový diagram – první část





## C Vývojový diagram – druhá část



Obrázek 11: Vývojový diagram – druhá část část

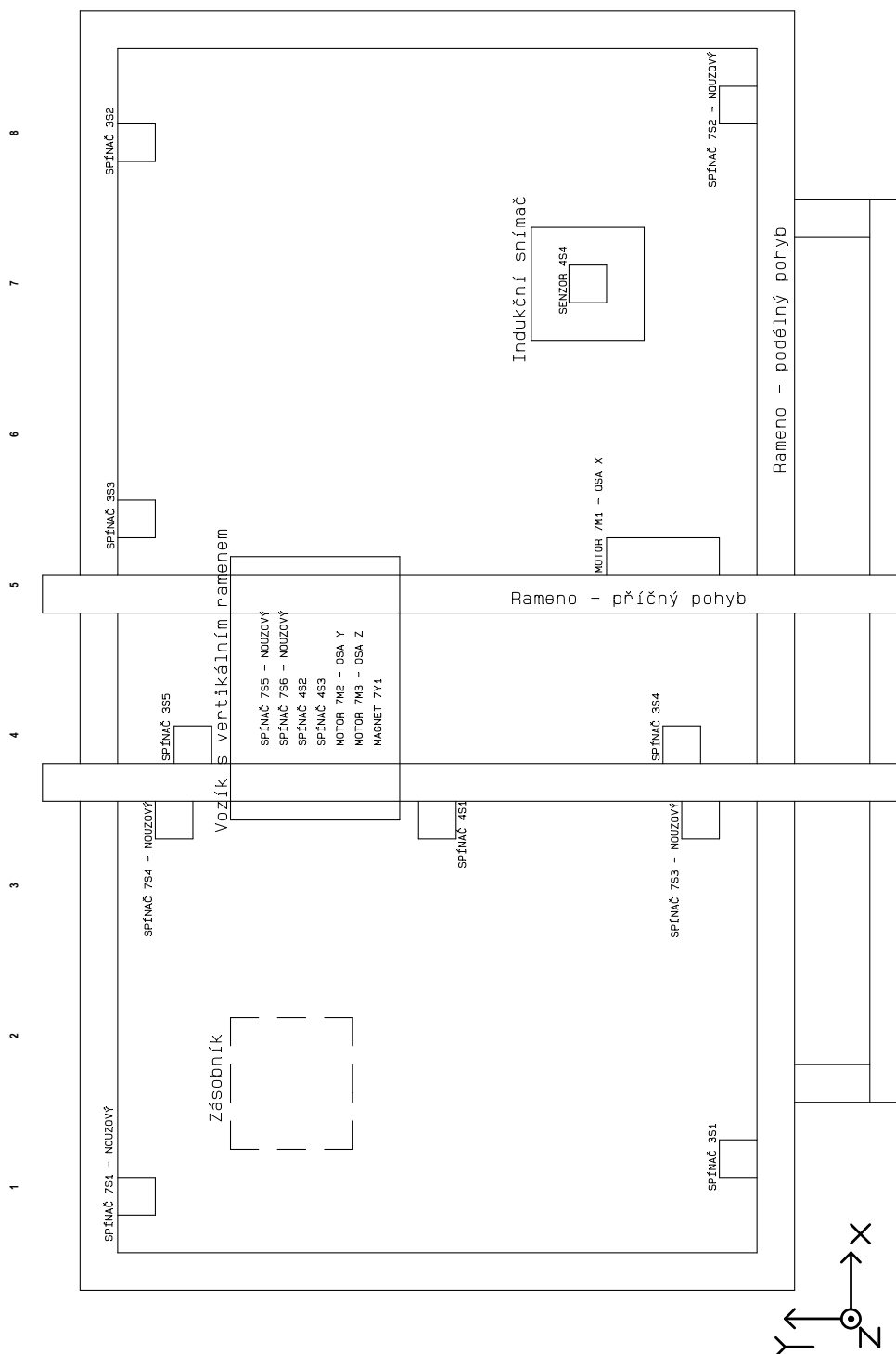


## D Tabulka adres pro ovládání

Tabulka 4: Tabulka adres pro ovládání

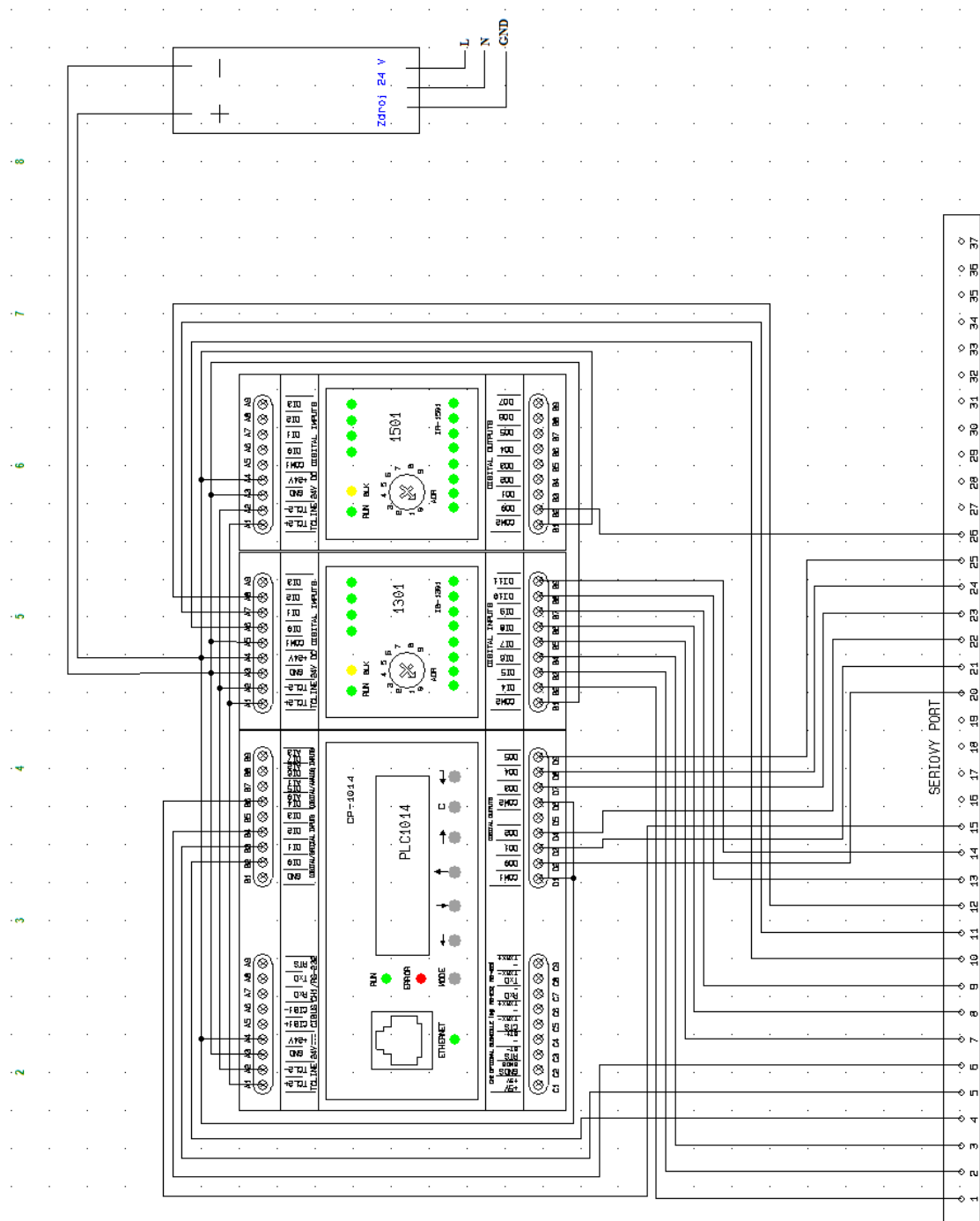
Číslo senzoru	Popis senzoru	Adresa tecomatu
3V1	Inkrementální čidlo – Osa X kanál A	X10.0
3V2	Inkrementální čidlo – Osa X kanál B	X10.1
3V3	Inkrementální čidlo – Osa X kanál Z	X10.2
4S4	Indukční snímač	X10.4
4V1	Inkrementální čidlo – Osa Y kanál A	X100.0
4V2	Inkrementální čidlo – Osa Y kanál B	X100.1
4V3	Inkrementální čidlo – Osa Y kanál Z	X100.2
3S2	Koncový spínač – Osa X vpravo	X100.4
3S1	Koncový spínač – Osa X vlevo	X100.5
3S3	Koncový spínač – Osa X na ref. bodě	X100.6
3S5	Koncový spínač – Osa Y vzadu	X100.7
3S4	Koncový spínač – Osa Y vpředu	X101.0
4S1	Koncový spínač – Osa Y na ref. bodě	X101.1
4S2	Koncový spínač – Osa Z nahoře	X101.2
4S3	Koncový spínač – Osa Z dole	X101.3
7M1	Pokyn – Osu X doprava	Y2.0
7M1	Pokyn – Osu X doleva	Y2.1
7M2	Pokyn – Osu Y dozadu	Y2.2
7M2	Pokyn – Osu Y dopředu	Y2.3
7M3	Pokyn – Osu Z nahoru	Y2.4
7M3	Pokyn – Osu Z dolů	Y2.5
7Y1	Pokyn – Magnet	Y32.0

## E Půdorys portálu



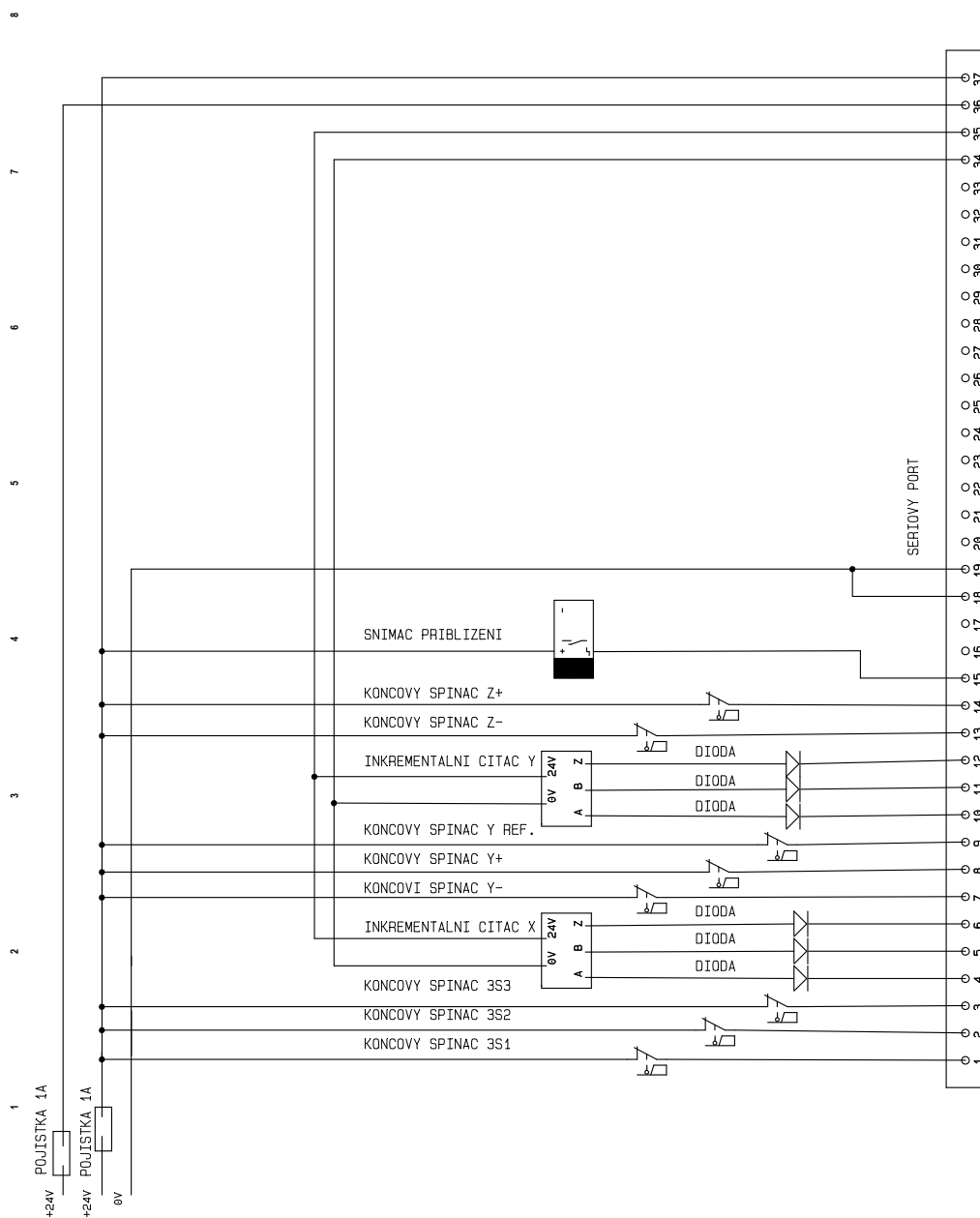
Obrázek 12: Rozložení prvků na portálu

## F Schéma zapojení PLC



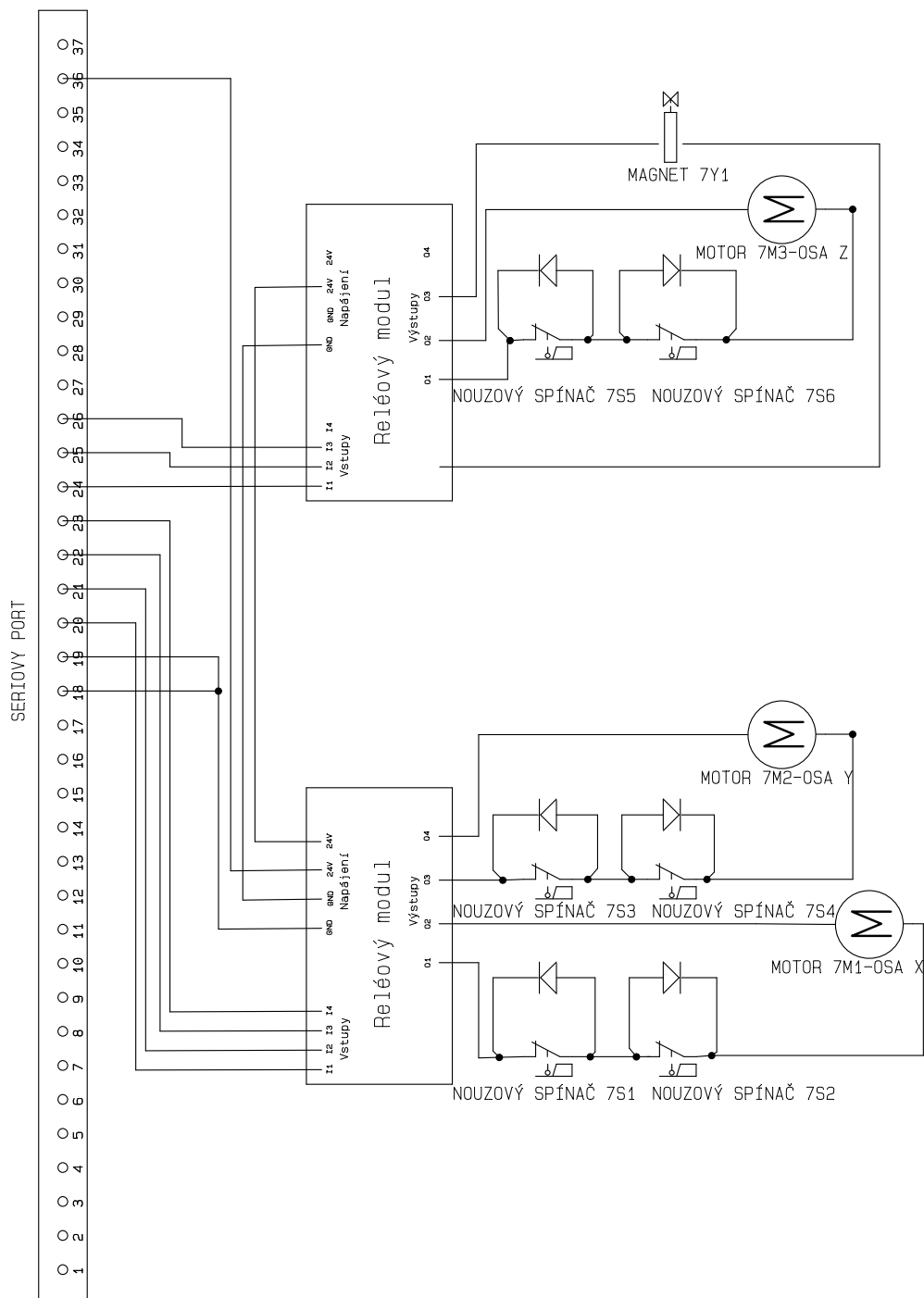
Obrázek 13: Schéma zapojení PLC

## G Zapojení vstupů do PLC



Obrázek 14: Zapojení vstupů do PLC

## H Zapojení výstupů z PLC



Obrázek 15: Zapojení výstupů z PLC



## I Tabulka pinů portálu

Tabulka 5: Tabulka pinů portálu – první část

Číslo pinu	Značení	Funkce
1	3S1	Koncový spínač – Osa X vlevo
2	3S2	Koncový spínač – Osa X vpravo
3	3S3	Koncový spínač – Osa X na referenčním bodě
4	3V1	Inkrementální čidlo – Osa X kanál A
5	3V2	Inkrementální čidlo – Osa X kanál B
6	3V3	Inkrementální čidlo – Osa X kanál Z
7	3S4	Koncový spínač – Osa Y vpředu
8	3S5	Koncový spínač – Osa Y vzadu
9	4S1	Koncový spínač – Osa Y na referenčním bodě
10	4V1	Inkrementální čidlo – Osa Y kanál A
11	4V2	Inkrementální čidlo – Osa Y kanál B
12	4V3	Inkrementální čidlo – Osa Y kanál Z
13	4S2	Koncový spínač – Osa Z nahoře
14	4S3	Koncový spínač – Osa Z dole
15	4S4	Indukční snímač
16	Rezerva	Rezerva
17	Rezerva	Rezerva
18		Zdroj 0V
19		Zdroj 0V
20	7M1	Pokyn – Osu X doleva
21	7M1	Pokyn – Osu X doprava
22	7M2	Pokyn – Osu Y dopředu
23	7M2	Pokyn – Osu Y dozadu
24	7M3	Pokyn – Osu Z nahoru



Tabulka 6: Tabulka pinů portálu – druhá část

25	7M3	Pokyn – Osu Z dolů
26	7Y1	Pokyn – Magnet
27	Rezerva	Rezerva
28	Rezerva	Rezerva
29	Rezerva	Rezerva
30	Rezerva	Rezerva
31	Rezerva	Rezerva
32	Rezerva	Rezerva
33	Rezerva	Rezerva
34	4A1	Zdroj 0 V
35	4A1	Zdroj 24 V
36	2F1	Zdroj 24 V – motory
37	2F2	Zdroj 24 V – motory

## J Kusovník úlohy

V současné době se úloha nalézá v budově A v místnosti TK3 (tato místnost slouží mimo jiné pro výuku předmětu Základy logického řízení) a skládá z následujících prvků:

- Model portálu – 1 ks
- Zdroj 24 V – 1ks
- PLC Tecomat Foxtrot CP–1014 – 1 ks
- Rozšiřující modul Tecomat IB–1301 – 1 ks
- Rozšiřující modul Tecomat IR–1501 – 1 ks
- DIN lišta – 1 ks
- Kabel s konektorem D–Sub 37pinový – 1 ks





## K Obsah přiloženého CD

Na CD přiloženém k mé bakalářské práci se nacházejí následující soubory:

- Bakalarska\_prace\_Jan\_Kupeček.pdf
- Navod\_na\_cviceni\_portal.pdf
- Vyvojovy\_diagram.vsd
- Program\_strukturovany\_text.zip
- Program\_ladder\_diagram.zip
- Program\_promo\_.zip
- Schemata.zip